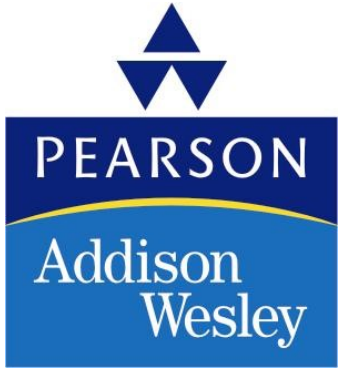
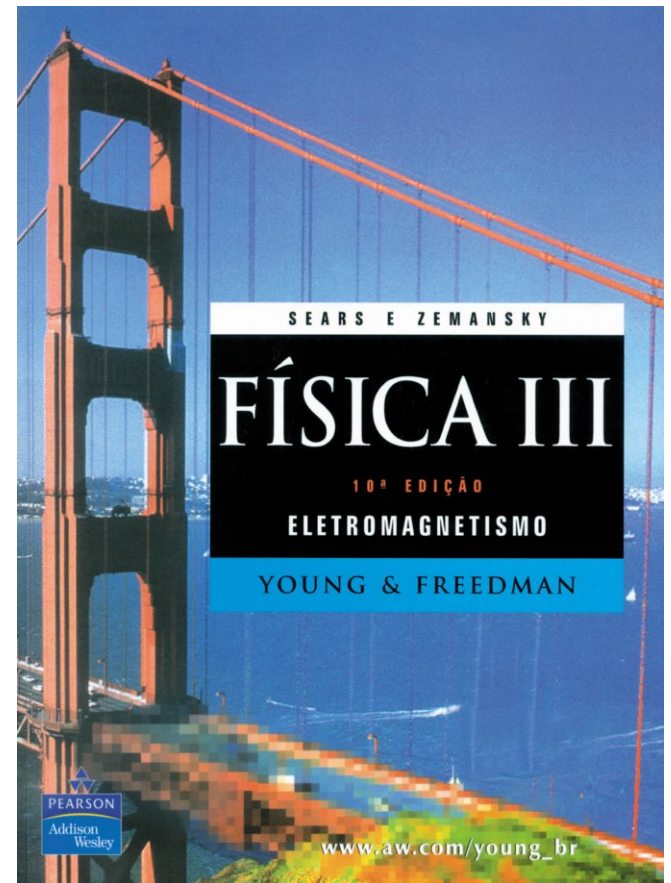




FÍSICA III

Eletromagnetismo

Estratégias de Resolução



Estratégia para a Solução de Problemas

LEI DE COULOMB

1. Como sempre, a verificação da consistência das unidades é essencial. Com o valor $k = 1/4\pi\epsilon_0$ fornecido anteriormente, as distâncias devem ser dadas em metros, as cargas, em coulombs e as forças, em newtons. Caso as distâncias sejam dadas em centímetros ou em qualquer outra unidade, não esqueça de convertê-las para metros! Quando uma carga for dada em microcoulombs ou em nanocoulombs, não esqueça que $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ e que $1 \text{ nC} = 10^{-9}$.
2. Lembre-se de que a força elétrica, como qualquer força, é uma grandeza *vetorial*. Quando as forças que atuam sobre uma carga são produzidas por um conjunto de duas ou mais cargas, a força resultante sobre a carga é igual à *soma vetorial* de todas as forças individuais que atuam sobre a carga. Talvez você deseje fazer uma revisão do cálculo vetorial discutido desde a Seção 1.8 até a Seção 1.10. Geralmente é útil o uso dos com-
- ponentes x e y de um sistema de coordenadas. Certifique-se de que você está usando uma notação vetorial correta; quando um símbolo indica um vetor, é conveniente usar uma flecha sobre o símbolo. Caso você não seja cuidadoso na notação, é provável que você também não seja cuidadoso em sua maneira de pensar.
3. Alguns exemplos e problemas deste e dos próximos capítulos envolvem distribuições contínuas de carga ao longo de uma linha ou sobre uma superfície. Nesses casos, a soma vetorial mencionada no Item 2 transforma-se em uma integral vetorial, geralmente calculada usando-se componentes. Dividimos a distribuição de cargas em regiões infinitesimais, usamos a lei de Coulomb para cada região e a seguir integramos para achar a soma vetorial. Em alguns casos, isso pode ser feito sem a necessidade do uso de integrais.

Estratégia para a Solução de Problemas

CÁLCULOS ENVOLVENDO CAMPO ELÉTRICO

1. Verifique se você está usando um sistema de unidades consistente. Distâncias devem ser medidas em metros e cargas, em coulombs. Quando um valor é fornecido em cm ou nC, não esqueça de convertê-lo.
2. Quando você estiver somando os campos elétricos produzidos por diversas partes de uma distribuição de cargas, lembre-se de que o campo elétrico é um vetor. Portanto, você *precisa* fazer uma soma vetorial. Não calcule simplesmente os módulos dos campos elétricos; as direções e os sentidos também são importantes.
3. Em geral, é conveniente usar componentes para calcular uma soma vetorial. Aplique os métodos que você aprendeu no Capítulo 1; caso sinta necessidade, faça uma revisão desses métodos. Use uma notação apropriada para vetores. Faça uma clara distinção entre escalares, vetores e componentes dos vetores. Construa um diagrama para indicar claramente o sistema de coordenadas e verifique a consistência dos componentes com a escolha dos eixos desse sistema.
4. Para determinar a direção e o sentido de $\vec{E}$, lembre-se de que o vetor $\vec{E}$ produzido por uma carga puntiforme *positiva* aponta *para fora* da carga. Para uma carga puntiforme *negativa*, o vetor $\vec{E}$ aponta *para dentro* da carga.
5. Em algumas situações, você encontrará uma distribuição contínua de cargas ao longo de uma linha, sobre uma superfície ou ao longo de um volume. Então, defina um pequeno elemento de carga dQ , que pode ser considerado concentrado em um ponto P , e procure um método para encontrar a soma dos campos de todos os elementos de carga. Geralmente é mais fácil fazer isso para cada componente de $\vec{E}$ separadamente. Frequentemente você terá de calcular uma ou mais integrais. Verifique se os limites de integração estão corretos; especialmente quando houver simetria, tome cuidado para não contar duas vezes a mesma carga.

Estratégia para a Solução de Problemas

LEI DE GAUSS

1. A primeira etapa consiste na escolha da superfície à qual será aplicada a lei de Gauss. Geralmente, essa superfície é chamada de *superfície gaussiana*. Se você está tentando encontrar o campo em um dado ponto, então esse ponto deve estar sobre a superfície gaussiana escolhida.
2. A superfície gaussiana não precisa ser uma superfície real, tal como a superfície de um corpo sólido. A superfície apropriada é imaginária; ela pode estar no vácuo, no interior de um material ou parcialmente em ambos.
3. Você pode fazer a integral usando a lei de Gauss (sem usar um computador) somente quando a distribuição de cargas e a superfície gaussiana escolhida possuem propriedades de simetria. Quando a distribuição de cargas possui simetria cilíndrica ou esférica, escolha como superfície gaussiana um cilindro ou uma esfera, respectivamente.
4. Geralmente a superfície gaussiana escolhida pode ser composta por diversas superfícies, como no caso de um cilindro que contém dois planos nas extremidades. Nesses casos, a integral $\oint E_{\perp} dA$ sobre toda a superfície fechada é igual à soma das integrais sobre todas as superfícies separadas. Algumas dessas integrais podem se anular, como indicamos nos itens 6 e 7 deste quadro.
5. Quando $\vec{E}$ for *perpendicular* (normal) em todos os pontos de uma superfície com área A , quando ele apontar *para fora* da superfície e seu *módulo* for constante em todos os pontos ao longo da superfície, então $E_{\perp} = E = \text{constante}$ e $\int E_{\perp} dA$ sobre essa superfície será igual a EA . Se, em vez disso, $\vec{E}$ for perpendicular e *para dentro* da superfície, $E_{\perp} = -E$, logo $\int E_{\perp} dA = -EA$.
6. Quando $\vec{E}$ for *tangente* em todos os pontos ao longo de uma superfície, então $E_{\perp} = 0$ e a integral sobre essa superfície é igual a zero.
7. Quando $\vec{E} = 0$ em todos os pontos ao longo de uma superfície, então a integral sobre essa superfície será igual a zero.
8. Finalmente, na integral $\oint E_{\perp} dA$, $E_{\perp}$ é sempre o componente perpendicular do campo elétrico *total* em cada ponto sobre a superfície gaussiana fechada. Em geral, esse campo elétrico pode ser produzido parcialmente pelas cargas no interior da superfície e por cargas no exterior da superfície. Mesmo quando não existe *nenhuma* carga no interior da superfície, o campo elétrico sobre a superfície gaussiana não é necessariamente igual a zero; contudo, nesse caso, a *integral* sobre a superfície gaussiana — ou seja, o fluxo elétrico total através dela — é sempre igual a zero.

Estratégia para a Solução de Problemas

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ELÉTRICO

1. Lembre-se de que o potencial é a *energia potencial por unidade de carga*. Entendendo essa definição você poderá ir longe.
2. Para encontrar o potencial produzido por um conjunto de cargas puntiformes, aplique a Equação (24.15). Quando o problema fornece uma certa distribuição contínua de cargas, descubra um modo de dividi-la em elementos infinitesimais e a seguir use a Equação (24.16). Faça a integral empregando os limites apropriados para incluir completamente a distribuição de cargas. Nessa integral, verifique cuidadosamente quais são as grandezas geométricas constantes e quais são aquelas que variam.
3. Se o campo elétrico for conhecido, ou se você for capaz de calculá-lo usando os métodos do Capítulo 22 ou 23, pode ser mais fácil aplicar a Equação (24.17) ou (24.18) para calcular a diferença de potencial entre dois pontos a e b . Quando for apropriado, use sua liberdade de definir como zero o potencial V em algum ponto conveniente e escolha esse local como o ponto b . (Para cargas puntiformes, geralmente esse ponto está no infinito, porém, para outros tipos de distribuição de cargas — geralmente aquelas que se estendem até o infinito —, pode ser conveniente definir V_b como zero a uma certa distância finita da distribuição de cargas. Isso é análogo a definir U como zero na superfície da Terra em problemas sobre gravidade.) Então, o potencial em qualquer outro ponto, digamos o ponto a , pode ser calculado a partir da Equação (24.17) ou (24.18) com $V_b = 0$.
4. Lembre-se de que o potencial é uma grandeza *escalar* e não uma grandeza *vetorial*. Ele não possui componentes! Contudo, pode ser necessário usar os componentes dos vetores $\vec{E}$ e $d\vec{l}$ quando você aplicar a Equação (24.17) ou a (24.18).
5. Se o campo elétrico for conhecido, você poderá sempre fazer um teste qualitativo de seu resultado de V verificando se *ele* diminui quando você se desloca no mesmo sentido de $\vec{E}$.

Estratégia para a Solução de Problemas

CAPACITÂNCIA EQUIVALENTE

1. Lembre-se de que, quando dizemos que um capacitor possui uma carga Q , estamos necessariamente afirmando que a placa com potencial mais elevado possui carga $+Q$ e que a outra placa possui carga $-Q$.
2. Quando capacitores são ligados em série, como na Figura 25.5a, eles sempre possuem a mesma carga, supondo que não apresentem nenhuma carga antes de serem carregados. As diferenças de potencial *não* são iguais, exceto quando as capacitâncias forem iguais. A diferença de potencial total ao longo da combinação inteira é igual à soma das diferenças de potencial individuais.
3. Quando capacitores são ligados em paralelo, como na Figura 25.6a, a diferença de potencial V é sempre a mesma para todos os capacitores individuais. As cargas dos capacitores individuais *não* são as mesmas, exceto quando as capacitâncias individuais forem iguais. A carga total do conjunto de capacitores é dada pela soma das cargas individuais dos capacitores.
4. Para encontrar a capacitância equivalente de combinações mais complexas, algumas vezes você pode identificar partes que estejam em série ou em paralelo e substituí-las pelas respectivas capacitâncias equivalentes, fazendo a redução da combinação por etapas. A seguir, se precisar determinar a carga ou a diferença de potencial para um capacitor individual, você poderá refazer as etapas usadas até os capacitores da combinação original.

Estratégia para a Solução de Problemas

DIELÉTRICOS

1. Sempre confira a consistência das unidades; essa tarefa é mais complexa para grandezas elétricas do que para grandezas mecânicas. As distâncias são sempre em metros. Lembre-se de que um microfarad é igual a 10^{-6} farad e assim por diante. Não confunda o valor numérico de ϵ_0 com o valor de $1/4\pi\epsilon_0$. Existem dois conjuntos alternativos de unidades SI para o módulo do campo elétrico, N/C e V/m. As unidades de ϵ_0 são F/m e $C^2/N \cdot m^2$.
2. Em problemas do tipo ilustrado no Exemplo 25.10, é fácil você se perder em um labirinto de fórmulas. Pergunte-se a cada passo qual é o significado de cada símbolo em cada etapa da solução.

Por exemplo, faça uma clara distinção entre carga e densidade de carga, entre campo elétrico e densidade de energia.

3. Ao conferir valores numéricos, lembre-se de que, na presença de um dielétrico, (a) a capacitância é sempre maior do que a capacitância sem o dielétrico; (b) para uma quantidade de carga no capacitor, o campo elétrico e a diferença de potencial são menores do que os respectivos valores sem o dielétrico; e (c) a densidade superficial de carga induzida σ_i sobre o dielétrico possui um módulo sempre menor do que o módulo da densidade superficial de carga σ sobre as placas do capacitor.

Estratégia para a Solução de Problemas

ENERGIA E POTÊNCIA EM CIRCUITOS

1. Para fazer balanços de energia em circuitos elétricos, é conveniente usar um conjunto de regras de sinais. Uma fonte de fem $\mathcal{E}$ fornece uma energia *positiva* $\mathcal{E}I$ para um circuito quando a corrente I atravessa a fonte do terminal $-$ para o terminal $+$; em uma bateria ocorre conversão de energia química em energia elétrica; no caso de um gerador ocorre conversão de energia mecânica em energia elétrica e assim por diante. Porém, quando a corrente atravessa a fonte do terminal $+$ para o terminal $-$, a fonte retira energia do circuito (por exemplo, quando uma bateria está sendo carregada, ocorre conversão de energia elétrica em energia química). Nesse caso $\mathcal{E}I$ possui sinal negativo. A resistência interna de uma fonte sempre remove energia do circuito, dissipando-a com uma taxa igual a I^2r , independentemente do sentido da corrente. Analogamente, o resistor R sempre remove energia do circuito com uma taxa dada por $VI = I^2R = V^2/R$.
2. Os balanços de energia podem ser expressos em qualquer uma das duas formas seguintes: “potência total fornecida = potência total consumida” ou “a soma algébrica de todas as potências envolvidas em um circuito completo é igual a zero”.

Estratégia para a Solução de Problemas

RESISTORES EM SÉRIE E EM PARALELO

1. É útil lembrar que, quando resistores são ligados em série, a diferença de potencial total através da combinação é igual à soma de cada diferença de potencial individual. Quando eles são ligados em paralelo, a diferença de potencial é a mesma em cada resistor e igual à diferença de potencial aplicada na combinação em paralelo.
2. Também é útil lembrar uma formulação análoga para as correntes. Quando resistores são ligados em série, a corrente é a mesma através de todos os resistores e igual à corrente que flui na combinação em série. Quando resistores são ligados em paralelo, a corrente total que flui na combinação é dada pela soma das correntes que passam através dos resistores individuais.
3. De um modo geral, podemos considerar circuitos semelhantes aos indicados nas figuras 27.1c e 27.1d como combinações de arranjos de resistores em série e em paralelo. Na Figura 27.1c, inicialmente substituímos pela resistência equivalente os resistores R_2 e R_3 que estão em paralelo; a combinação resultante está em série com o resistor R_1 . Na Figura 27.1d, os resistores R_2 e R_3 que estão em série formam uma combinação em paralelo com o resistor R_1 .



Estratégia para a Solução de Problemas

LEIS DE KIRCHHOFF

1. Faça um desenho *grande* para o diagrama do circuito de modo que haja espaço suficiente para anotar todas as letras e dígitos necessários. Identifique todas as grandezas, conhecidas e desconhecidas, escolhendo sentidos para toda corrente e toda fem desconhecida. Na verdade, não há como saber previamente o sentido real para toda corrente e toda fem desconhecida, porém isso não importa. Complete sua solução usando os sentidos que você escolheu. Caso o sentido real de uma dada grandeza seja contrário ao sentido escolhido, você encontrará um sinal negativo na resposta da referida grandeza. Quando você usa corretamente as leis de Kirchhoff, encontra os módulos e os sentidos corretos para toda corrente e toda fem desconhecida. Ilustraremos essas observações nos exemplos apresentados a seguir.
2. Quando você identifica as correntes em um diagrama, em geral é mais conveniente aplicar de início a lei dos nós para expressar as correntes em função do menor número possível de grandezas. Por exemplo, na Figura 27.6a, mostramos os símbolos usados para a identificação correta das grandezas pertinentes; na Figura 27.6b, mostramos o mesmo circuito depois de aplicar a lei dos nós ao ponto *a* a fim de eliminar I_3 .
3. Para aplicar a lei das malhas, escolha qualquer malha do circuito e indique um sentido (horário ou anti-horário) para percorrer a malha. O sentido do percurso não precisa ser o mesmo do sentido escolhido para a corrente.
4. Percorra a malha no sentido que você escolheu somando algebricamente as diferenças de potencial à medida que atravessa cada elemento. Lembre-se de que uma diferença de potencial positiva corresponde a um aumento de potencial e que uma diferença de potencial negativa corresponde a uma diminuição. Uma fem é positiva quando você a atravessa do terminal $-$ para o $+$, e negativa quando você a atravessa do $+$ para o $-$. O termo IR é negativo quando você atravessa um resistor no mesmo sentido que você escolheu para a corrente e positivo quando o percorre no sentido contrário ao da corrente. A Figura 27.7 resume essas convenções de sinais. Em cada parte da figura imagine que você esteja fazendo o “percurso” no sentido que escolheu para percorrer qualquer malha ao aplicar a lei das malhas de Kirchhoff, não necessariamente o sentido da corrente.
5. Iguale a zero a soma algébrica obtida na Etapa 4.
6. Caso seja necessário, escolha outra malha para obter uma relação diferente entre as incógnitas e continue esse procedimento até chegar a um número de equações igual ao número de incógnitas.
7. Finalmente, resolva o sistema de equações para determinar as incógnitas. Essa etapa é matemática e não física, porém ela pode ser muito complexa. Tome cuidado com as manipulações algébricas: um erro de sinal pode ser fatal e invalidar toda a solução. Programas de computadores, tais como o Mathematica e o Maple, podem ser úteis nessa etapa.
8. Você pode usar a mesma convenção de sinais para determinar uma diferença de potencial V_{ab} de um ponto *a* em relação a qualquer outro ponto *b*. Comece no ponto *b* e, com a mesma convenção de sinais da Etapa 4, some todas as diferenças de potencial encontradas ao percorrer o circuito de *b* até *a*. A soma algébrica dessas diferenças de potencial fornecerá $V_{ab} = V_a - V_b$.

Estratégia para a Solução de Problemas

FORÇAS MAGNÉTICAS

1. A grande dificuldade na determinação de uma força magnética consiste em relacionar as direções e os sentidos das grandezas vetoriais. Para avaliar $\vec{v} \times \vec{B}$, desenhe os dois vetores $\vec{v}$ e $\vec{B}$ com as respectivas origens em um mesmo ponto de modo que você possa visualizar e desenhar o plano formado por esses dois vetores. Isso também ajuda você a identificar corretamente o ângulo ϕ entre os dois vetores. A seguir, lembre-se de que $\vec{F}$ é sempre perpendicular a esse plano. A direção e o sentido do produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ é determinado pela regra da mão direita; tome como referência as figuras 28.5 e 28.6 até que você tenha dominado esse assunto. Quando q for uma carga negativa, a força será *oposta* ao produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$.
2. Sempre que possível, resolva o problema usando dois métodos. Aplique diretamente a definição de produto vetorial. A seguir, determine os componentes dos vetores em algum sistema com eixos convenientes e calcule o produto vetorial algebricamente a partir dos componentes. Verifique se os dois resultados estão de acordo.

Estratégia para a Solução de Problemas

MOVIMENTO EM CAMPOS MAGNÉTICOS

1. Ao analisar o movimento de uma partícula carregada em campos elétricos e em campos magnéticos, você deve aplicar a segunda lei de Newton $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, onde $\Sigma \vec{F}$ é dado por $\Sigma \vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$. Em geral, as outras forças, tais como as forças gravitacionais, podem ser desprezadas. Muitos problemas são semelhantes aos problemas do movimento circular discutidos nas seções 3.4, 3.5 e 5.5; seria conveniente fazer uma revisão dessas seções.
2. Geralmente o uso de componentes fornece o método mais eficiente. Escolha um sistema de coordenadas e a seguir decompõe todas as grandezas vetoriais (incluindo $\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{v}$, $\vec{F}$ e $\vec{a}$) em seus respectivos componentes nesse sistema. A seguir, a fórmula $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ também deve ser usada sob forma de componentes $\Sigma F_x = ma_x$ e assim por diante. Esse método é particularmente útil quando existe simultaneamente um campo elétrico e um campo magnético.

Estratégia para a Solução de Problemas

CÁLCULOS ENVOLVENDO CAMPOS MAGNÉTICOS

1. Preste atenção ao estudar a direção e o sentido das grandezas vetoriais. O elemento de corrente $d\vec{l}$ sempre aponta no mesmo sentido da corrente. O vetor unitário $\hat{r}$ sempre aponta no sentido *do* elemento de corrente (o ponto da fonte) *para* o ponto P no qual desejamos determinar o valor do campo (o ponto do campo).
2. Em algumas situações, cada elemento $d\vec{B}$ para diversos elementos de corrente pode ter a mesma direção em um dado ponto P ; então, o campo magnético resultante $\vec{B}$ é a soma dos módulos de cada elemento $d\vec{B}$. Contudo, geralmente cada elemento $d\vec{B}$ possui uma direção diferente para cada elemento de corrente. Então, você deve escolher um sistema de coordenadas e decompor $d\vec{B}$ com base em seus componentes. A integral para o campo magnético resultante $\vec{B}$ é então expressa em termos de uma integral para cada componente. Em alguns casos, você pode concluir por simetria que um dado componente se anula. Considere sempre a possibilidade do uso da simetria para simplificar problemas.
3. Procure meios para usar o princípio de superposição dos campos magnéticos. Mais adiante neste capítulo determinaremos os campos produzidos por condutores que possuem uma forma simples. Quando você encontrar um condutor de forma complexa que possa ser decomposto em uma combinação desses condutores com forma simples, poderá usar o princípio de superposição para calcular o campo desse condutor de forma complexa. Como exemplos, citamos uma espira retangular ou uma combinação com dois segmentos retilíneos ligados nas extremidades de um condutor que forma uma semicircunferência.

Estratégia para a Solução de Problemas

LEI DE AMPÈRE

1. A primeira etapa consiste em escolher o percurso de integração para aplicar a lei de Ampère. Se você deseja determinar $\vec{B}$ em um dado ponto, então o percurso deve passar pelo ponto considerado.
2. O percurso de integração não precisa ser nenhum contorno físico real. Geralmente, ele é uma curva puramente geométrica; ele pode estar no espaço vazio, no interior de um corpo ou parcialmente em ambos os casos.
3. O percurso de integração deve possuir *simetria* suficiente para possibilitar a integração. Quando o problema apresentar uma simetria cilíndrica, o percurso de integração será uma circunferência concêntrica com o eixo do cilindro.
4. Quando $\vec{B}$ é tangente a todos ou a alguns pontos ao longo do percurso de integração e possui o mesmo módulo B em todos esses pontos, então a integral de linha é igual ao produto de B pelo comprimento do trecho do percurso considerado.
5. Quando $\vec{B}$ é perpendicular a todos ou a alguns pontos ao longo do percurso de integração, a integral de linha é igual a zero nesses trechos.
6. O sinal da corrente no interior de um percurso de integração é dado pela regra da mão direita. Encurve os dedos da sua mão direita em torno do sentido do percurso de integração. Então, seu dedo polegar indica o sentido positivo da corrente. Quando $\vec{B}$ é descrito na Etapa 4 e o sentido de I_{inte} é positivo, então $\vec{B}$ possui o mesmo sentido que você escolheu para o percurso de integração; se, ao contrário, I_{inte} for negativo, então $\vec{B}$ terá sentido contrário ao que você escolheu para o percurso de integração.
7. Na integral $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$, $\vec{B}$, o vetor $\vec{B}$ é sempre o campo magnético *total* em cada ponto do percurso de integração. Esse campo pode ser produzido parcialmente por correntes fora e por correntes dentro da curva delimitada pelo percurso de integração. Quando a corrente total dentro da curva delimitada pelo percurso de integração é igual a *zero*, o campo magnético nos pontos da trajetória não precisam ser nulos, contudo a integral $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ é sempre igual a zero.

Estratégia para a Solução de Problemas

LEI DE FARADAY

1. Para calcular a taxa de variação do fluxo magnético, você inicialmente deve entender qual é a causa da variação do fluxo. A espira ou bobina está em movimento? O campo magnético está variando? Lembre-se de que o próprio fluxo não é relevante, porém o importante é sua *taxa de variação*.
2. Escolha um sentido para o vetor área $\vec{A}$ ou para $d\vec{A}$ e use-o de modo consistente. Lembre-se das regras para os sinais positivos para cada fem e cada fluxo magnético envolvido e use essas regras consistentemente ao aplicar a Equação (30.3) ou a Equação (30.4). Caso o condutor seja uma bobina com N espiras, não se esqueça de multiplicar por N .
3. Use a lei de Faraday para obter a fem induzida. Aplique as regras para os sinais para determinar o sentido da fem e da corrente induzida. Se a resistência do circuito é conhecida, você pode calcular o módulo da corrente.

Estratégia para a Solução de Problemas

INDUTORES EM CIRCUITOS

1. Quando um indutor é usado como um dispositivo em um *circuito*, todas as voltagens, correntes e cargas nos capacitores são geralmente funções do tempo, e não constantes como em muitos casos das análises de circuitos que fizemos anteriormente. Contudo, as leis de Kirchhoff, estudadas na Seção 27.3, continuam válidas. Quando as voltagens e correntes variam com o tempo, as leis de Kirchhoff são válidas para cada instante.
2. Como em todo tipo de análise de circuitos, obter os sinais corretos geralmente é um desafio maior do que entender os

princípios. Sugerimos que você faça uma revisão das estratégias recomendadas na Seção 27.3. Além disso, recorde a lei de Lenz e a regra de sinais descrita na Seção 31.3 com a Equação (31.7) e figuras 31.4 e 31.5. Usando a lei das malhas de Kirchhoff, quando atravessamos o indutor no *mesmo* sentido escolhido para a corrente, ocorre uma *queda* de voltagem dada por $L di/dt$; logo, o termo correspondente na equação da lei das malhas é $-L di/dt$.

Estratégia para a Solução de Problemas

CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA

1. Em problemas de circuito ac, quase sempre é mais fácil usar a frequência angular ω . Quando a frequência f for expressa em Hz, não se esqueça de convertê-la usando a relação $\omega = 2\pi f$.
2. Memorize alguns fatos básicos sobre relações de fase. Para um resistor, a voltagem e a corrente estão sempre *em fase* e os dois fasores correspondentes no diagrama de fasores possuem sempre a mesma direção e o mesmo sentido. Para um indutor, a voltagem está sempre *adiantada* de 90° em relação à corrente (ou seja, $\phi = +\pi/2$) e o fasor da voltagem gira sempre de 90° no sentido anti-horário a partir do fasor da corrente. Para um capacitor, a voltagem está sempre *atrasada* de 90° em relação à corrente (ou seja, $\phi = -\pi/2$) e o fasor da voltagem gira sempre de 90° no sentido horário a partir do fasor da corrente.
3. Lembre-se de que em um circuito ac todas as voltagens e correntes são funções senoidais do tempo e não são constantes, porém as leis de Kirchhoff são válidas a cada instante. Logo, em um circuito em série a corrente instantânea é a mesma através de todos os elementos do circuito; em um circuito paralelo, a diferença de potencial instantânea é a mesma através de todos os elementos do circuito.
4. A reatância indutiva, a reatância capacitiva e a impedância desempenham papéis análogos ao papel da resistência. Cada uma dessas grandezas é a razão entre a amplitude da voltagem V e a amplitude da corrente I em um elemento do circuito ou através da combinação de elementos. Contudo, lembre-se de que as relações que envolvem as fases desempenham um papel crucial; os efeitos da resistência e da reatância devem ser combinados com as regras da soma *vetorial* dos fasores das voltagens correspondentes, como nas figuras 32.8b e 32.8c. Quando houver diversos elementos do circuito ligados em série, por exemplo, você não pode apenas *somar* os valores numéricos das resistências e reatâncias para obter a impedância; com esse procedimento, você estaria ignorando as relações entre as fases.

Estratégia para a Solução de Problemas

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1. Para problemas envolvendo ondas eletromagnéticas, recomendamos que você se concentre nas relações fundamentais, tais como a relação entre $\vec{E}$ e $\vec{B}$ (levando em conta o módulo, a direção e o sentido), a determinação da velocidade, a natureza transversal das ondas e assim por diante. Lembre-se dessas relações quando você estiver resolvendo os detalhes da solução matemática.
2. Para ondas senoidais, você deve usar a linguagem adotada nos capítulos 19 e 20. Não vacile e faça uma revisão dessa linguagem, incluindo as estratégias para a solução de problemas recomendadas naqueles capítulos.
3. Recorde as relações fundamentais para ondas periódicas $v = \lambda f$ e $\omega = vk$. Para ondas eletromagnéticas no vácuo, $v = c$. Verifique com cuidado se você sabe distinguir a diferença entre a frequência f , expressa em hertz, e a velocidade angular $\omega = 2\pi f$, expressa em rad/s.